

**ANALISIS PERENCANAAN KOORDINASI SISTEM PROTEKSI RELAY
ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI
PUSDIKLAT MIGAS CEPU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Elektro
Fakultas Teknik**

Oleh:

JULDA FAISAL BARIQ

D 400 120 060

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PERENCANAAN KOORDINASI SISTEM PROTEKSI RELAY
ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI
PUSDIKLAT MIGAS CEPU**

NASKAH PUBLIKASI

oleh:

JULDA FAISAL BARIQ

D 400 120 060

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Aris Budiman ST.,MT.

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS PERENCANAAN KOORDINASI SISTEM PROTEKSI RELAY
ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI
PUSDIKLAT MIGAS CEPU

OLEH
JULDA FAISAL BARIQ
D 400 120 060

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 14 Juli 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Aris Budiman, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji) | (<u>Aris Budiman</u>) |
| 2. Agus Ulinuha, S.T., M.T., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji) | (<u>Agus Ulinuha</u>) |
| 3. Umar, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji) | (<u>Umar</u>) |

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Juni 2016

Penulis

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jilda', is written over a large, loopy circular flourish.

JILDA FAISAL BARIQ

D400 120 060

ANALISIS PERENCANAAN KOORDINASI SISTEM PROTEKSI RELAY ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI PUSDIKLAT MIGAS CEPU

Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik tidak akan lepas dari suatu gangguan hubung singkat pada jaringan baik yang diakibatkan oleh faktor internal maupun eksternal. Gangguan yang mungkin terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan distribusi maupun beban-beban listrik apabila gangguan tersebut tidak segera diisolir oleh perangkat proteksi. Salah satu proteksi utama dalam jaringan tenaga listrik adalah relay arus lebih (overcurrent relay). Dalam penentuan setting relay arus lebih, antara satu titik relay dengan relay yang lain harus saling berhubungan sehingga semua relay proteksi terkoordinasi dengan baik.

Sistem distribusi tenaga listrik di Pusdiklat Migas Cepu belum ada sistem proteksi yang terkoordinasi dan masih menggunakan proteksi konvensional seperti fuse yang harus diganti setelah fuse bekerja. Untuk itu dilakukan penelitian tentang analisis perencanaan koordinasi relay arus lebih pada sistem distribusi tenaga listrik di Pusdiklat Migas Cepu. Penelitian dilakukan mulai dengan pengumpulan data kelistrikan yang diperlukan. Kemudian membuat perencanaan single line diagram menggunakan software ETAP Power Station 12.6. Kemudian menentukan titik letak relay arus lebih dan mengitung nilai arus hubung singkat di titik terdekat. Setelah semua data terkumpul dan digunakan untuk semua setting relay arus lebih, kemudian dilakukan analisa dan penggambaran kurva koordinasi relay arus lebih.

Hasil penelitian menunjukkan data apa saja yang diperlukan untuk menentukan setting relay arus lebih. Semakin jauh letak relay dari pembangkit, setting waktu dan arus harus lebih kecil dari pada setting relay di belakangnya.

Kata Kunci: ETAP 12.6, koordinasi proteksi, relay arus lebih.

Abstract

The short circuit disturbance is occasionally can't be avoided by a system of power distribution which can be caused by both of internal and external factors of the systems. The disturbance can cause some damages to many distribution equipments or electrical loads if the disturbance not be isolated by a protection device. One of the major protection devices in distribution power system is overcurrent relay. Determining of setting for the relay depending by how many relays at the network which must related to each other so all of the relays can be well coordinated.

There is no coordinated protection device yet in the distribution power system in Pusdiklat Migas Cepu and they still using some conventional protection devices like fuse which must be replaced by another one when it melted. For that, the research about coordination planning analysis of overcurrent relay in the distribution power system in Pusdiklat Migas Cepu is necessary. Research began by collecting all of data that required for analysis. Then create a single line diagram using ETAP Power Station 12.6 software. Then decide the point where the overcurrent relay is and calculate the value of short circuit at the nearest point of the relay. When all of the data are completed, then calculate the setting of the relays and do the analysis and illustrate a coordination curve.

The result of the research shows that any data that required for determining the overcurrent relay setting. The farther location of the relays from generator, the setting of time and current must be lower than the relay setting behind them.

Keywords: ETAP 12.6, overcurrent relay, protection coordination.

1. PENDAHULUAN

Industri merupakan salah satu bidang yang mempengaruhi pertumbuhan suatu negara. Perkembangan industri memberikan peran penting terhadap kelangsungan suatu negara, baik dalam aspek perekonomian, pendidikan, kebudayaan dan sebagainya. Industri tidak lepas dari proses produksi yang mengolah barang produksi agar lebih bernilai sehingga dapat memberikan keuntungan baik di masyarakat maupun di industri itu sendiri. Seperti pada industri Pusat Pelatihan dan Pendidikan Minyak dan Gas Bumi (Pusdiklat Migas) Cepu, yang memproduksi minyak jenis Pertasol dan solar yang akan dijual oleh pihak PT. PERTAMINA.

Dalam prosesnya, suatu industri membutuhkan energi untuk menjalankan proses produksi. Salah satu energi yang banyak digunakan adalah energi listrik. Listrik merupakan salah satu aspek penting dalam perindustrian, karena listrik merupakan sumber energi untuk menjalankan peralatan-peralatan dalam industri dan sifat listrik yang fleksibel mudah dikonversikan ke dalam bentuk energi lain.

Karena pentingnya listrik dalam industri ini, maka perlu adanya perhatian yang lebih, mulai dari bagaimana listrik itu dibangkitkan hingga dapat tersalurkan ke beban dengan meminimalisir kerugian akibat gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik.

Ada banyak gangguan yang mungkin terjadi pada jaringan distribusi yang dapat mengakibatkan terputusnya pasokan daya listrik ke beban. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan temporer maupun permanen. Untuk mengatasi gangguan tersebut penerapan dan penggunaan peralatan proteksi mempunyai peranan yang sangat penting, sehingga kontinuitas pelayanan tidak terganggu dalam waktu yang lama.

Pada jaringan distribusi diperoleh data bahwa 70% sampai 80% gangguan bersifat permanen yaitu gangguan yang dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah bagian yang terganggu tersebut diisolir dengan bekerjanya pemutus daya. (TS. Hutaeruk, 1985).

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris yang terdiri dari hubung singkat tidak simetris, gangguan tidak simetris melalui impedansi atau penghantar yang terbuka. Gangguan tidak simetris antara lain adalah gangguan satu fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa dan gangguan dua fasa ke tanah. Didapat probabilitas gangguan satu fasa ke tanah sebesar 70%, gangguan fasa ke fasa 15%, gangguan dua fasa ke tanah 10% dan terakhir gangguan tiga fasa 5%. (Turan Gonen, 1986).

Gangguan yang mungkin terjadi di sebuah jaringan distribusi tenaga listrik dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan distribusi maupun beban-beban listrik apabila gangguan tersebut tidak segera diisolir oleh perangkat proteksi. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah

gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi. Dan untuk mengatasi gangguan tersebut, jaringan akan diisolir oleh salah satu perangkat proteksi berupa relay arus lebih. Pemilihan setting relay yang tepat sebagai proteksi arus lebih harus mempertimbangkan beberapa persyaratan mengenai sensitivitas, selektivitas, reliabilitas dan kecepatan. (Bedekar, 2009).

Dalam sistem distribusi tenaga listrik terdapat banyak peralatan distribusi yang harus dilindungi dari adanya gangguan hubung singkat. Semakin banyaknya kebutuhan masyarakat maupun industri dalam kehidupan sehari-hari tidak menutup kemungkinan akan penambahan sejumlah beban listrik yang terpasang dalam jaringan distribusi tenaga listrik. Semakin banyak peralatan listrik yang bersifat vital, semakin banyak pula perangkat proteksi yang dibutuhkan.

Relay arus lebih adalah peralatan proteksi utama dalam sistem distribusi, dimana relay tersebut terpasang di banyak titik sesuai dengan sistem distribusi yang ada. Agar sistem memiliki kualitas tinggi dalam penyaluran tenaga listrik, semua relay yang terpasang harus terkoordinasi satu sama lain dimana terdapat relay utama dan relay *back up* yang harus disetting dan terkoordinasi dengan baik tanpa menyebabkan kesalahan pada sistem yang dapat menimbulkan kerugian. (Patel, 2015).

Pertama yang harus dilakukan untuk mengkoordinasi relay arus lebih yaitu menentukan lokasi-lokasi kritis dimana antara relay utama dan relay *back up* terdiskriminasi pada nilai minimum. Kemudian mulai menghitung arus hubung singkat pada lokasi tersebut yang mungkin terjadi, dan kemudian dilakukan perhitungan koordinasi relay. (Birjandi, 2011).

Setiap relay arus lebih memiliki jenis dan karakteristik yang dibuat sesuai dengan grading waktu dan arus. Karakteristik yang paling populer adalah karakteristik *Inverse Definite Minimum Time* (IDMT). Berdasarkan IEC 60255 terdapat beberapa karakteristik relay arus lebih IDMT, yaitu *Standard Inverse* (SI), *Very Inverse* (VI) dan *Extremely Inverse* (EI). Waktu operasi dari karakteristik *Extremely Inverse* adalah yang paling kecil, diikuti karakter *Very Inverse* dan *Standard Inverse*. Ketiga karakteristik tersebut dipertimbangkan sesuai dengan setting relay. (Uma, 2014).

Perhitungan koordinasi antara relay merupakan perhitungan yang kompleks dengan mempertimbangkan nilai arus gangguan dan waktu operasi relay. Sangat mungkin untuk dilakukan perhitungan di suatu titik dimana terdapat beberapa relay arus lebih. Akan tetapi jika jaringan listrik yang besar dan kompleks, untuk mengkoordinasi semua relay akan sangat sulit dilakukan dengan perhitungan manual. Untuk itu, *software* pendukung seperti *Electric Transient and Analysis Program Power Station* (ETAP *Power Station*) akan sangat membantu untuk menghitung nilai-nilai yang diinginkan. Berbagai fitur dalam *software* ETAP dapat digunakan sehingga secara lebih efisien mengurangi adanya kesalahan dan dapat lebih mudah dalam menyelesaikan masalah koordinasi relay arus lebih pada sistem. (Rajput, 2011).

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas (Pusdiklat Migas) Cepu merupakan pusat pelatihan sekaligus industri yang bergerak di bidang perminyakan. Untuk memproduksi minyak seperti minyak jenis petroleum, Unit Kilang di Pusdiklat Migas Cepu digerakkan oleh tenaga listrik yang disuplai dari Unit *Power Plant* berupa Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Selain Unit Kilang, PLTD menyuplai ke berbagai unit di lingkup Pudiklat Migas Cepu. Sistem kelistrikan di Pusdiklat Migas Cepu memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah kurangnya data-data peralatan proteksi seperti relay. Sehingga sulit untuk dijadikan referensi bagi peneliti.

Peralatan proteksi yang digunakan di Pusdiklat Migas Cepu kebanyakan masih menggunakan *fuse*, OCB (*Oil Circuit Breaker*), dan ACB (*Air Circuit Breaker*) yang dapat dikatakan belum ada sistem koordinasi proteksi dari beban hingga generator. *Fuse* yang digunakan harus sering diganti ketika fuse telah bekerja. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan desain baru mengenai koordinasi proteksi dengan menggunakan *over current relay* untuk meningkatkan kehandalan dan kemampuan *sensing* gangguan yang lebih tinggi.

Hasil dari penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi peneliti tentang karakteristik dan pengaturan relay arus lebih pada jaringan distribusi tenaga listrik di Pusdiklat Migas Cepu, dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk setting koordinasi relay arus lebih di Pusdiklat Migas Cepu.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan metodologi penulisan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari buku – buku, jurnal dan artikel – artikel sebagai referensi yang berhubungan dengan tema dalam penyusunan penelitian ini.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mengumpulkan data yang meliputi data kelistrikan dan jaringan distribusi tenaga listrik di Pusdiklat Migas Cepu sebagai bahan analisa selanjutnya.

3. Analisis Data

Analisa data dilakukan untuk memahami data yang diperoleh dari proses pengumpulan data. Proses ini dapat diketahui bahwa sebuah sistem masih dapat bekerja dengan baik atau tidak.

4. Perhitungan

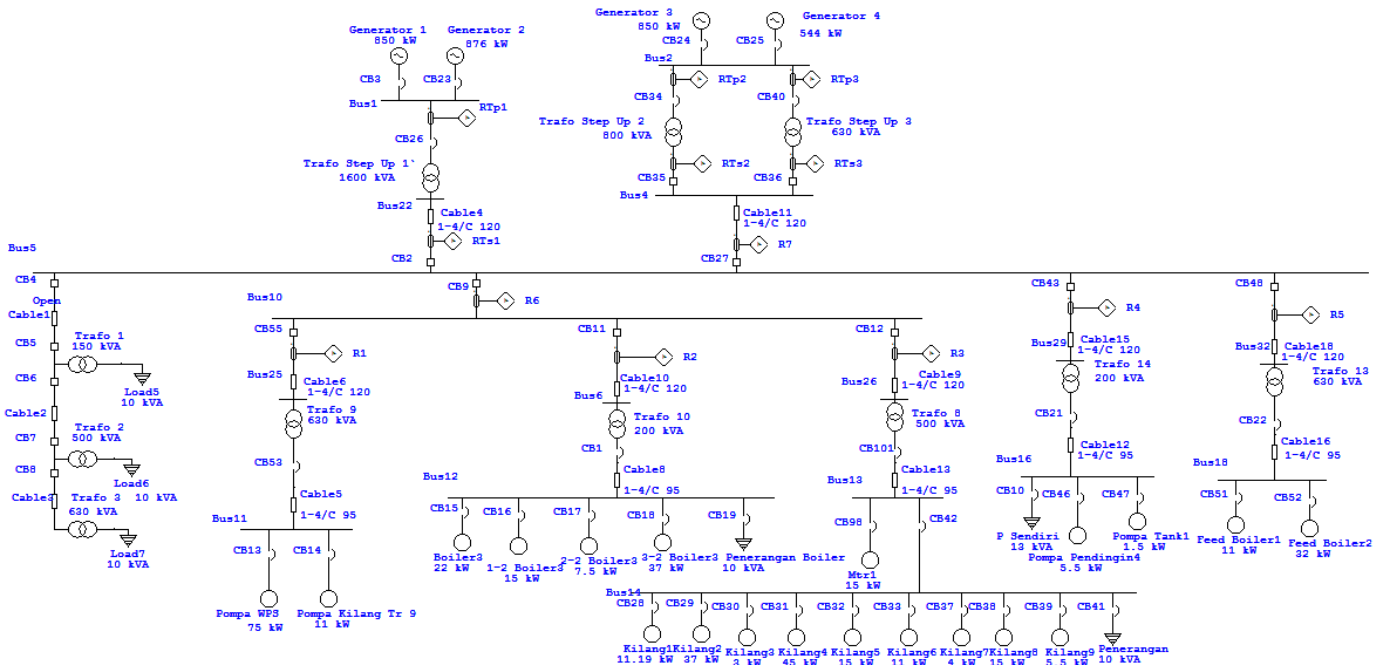
Perhitungan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai besaran yang diperlukan dalam *setting* peralatan proteksi.

5. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah *setting* peralatan proteksi mampu bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan oleh peneliti atau tidak.

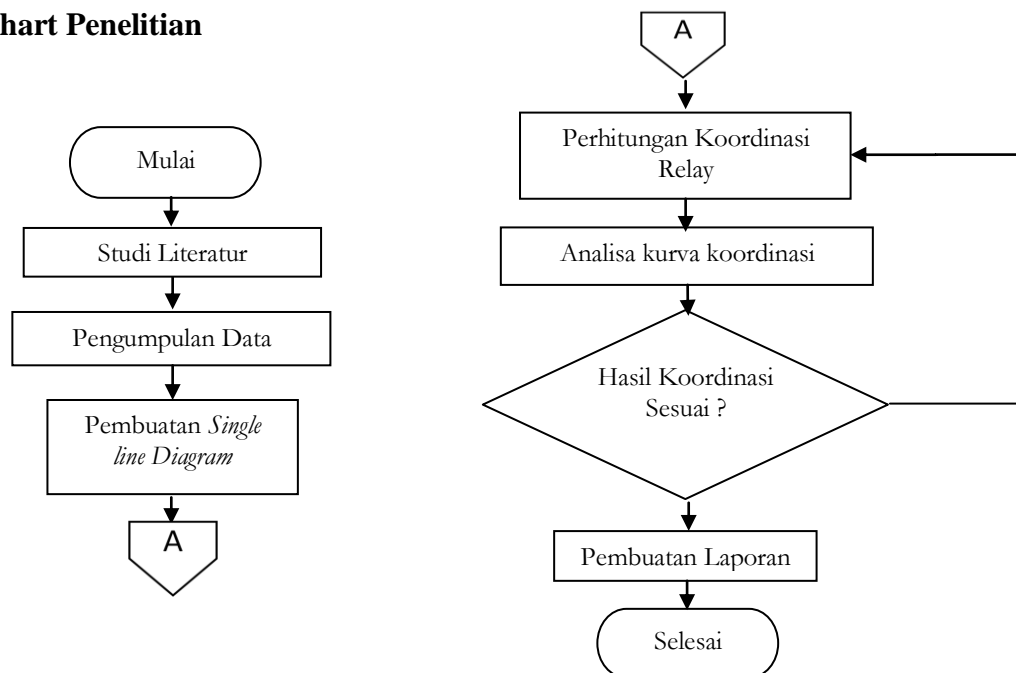
2.2 Gambaran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Penelitian ini dilakukan menggunakan data yang diambil dari sistem kelistrikan Pusdiklat Migas Cepu. Berikut *single line diagram* yang dipresentasikan ke dalam *software* pendukung ETAP Power Station 12.6 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Single line diagram* Pusdiklat Migas Cepu

2.3 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Arus Gangguan Hubung Singkat

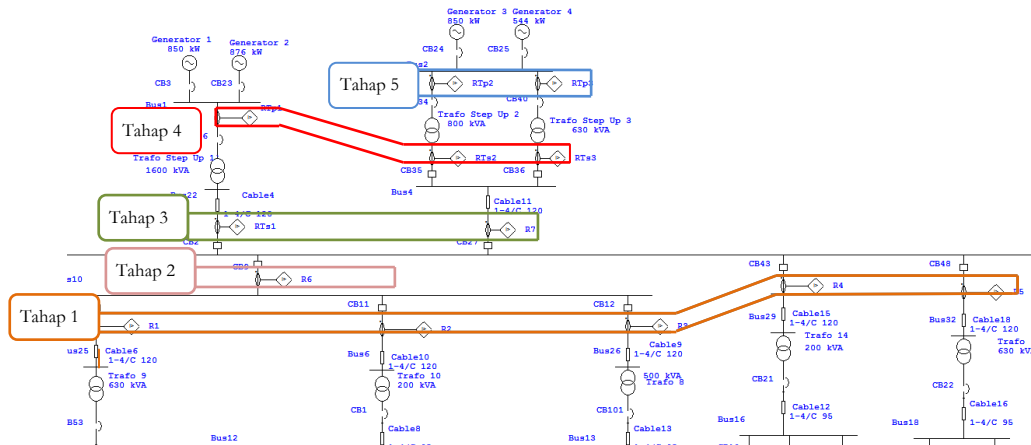
Untuk menentukan setting relay arus lebih, perlu diketahui berapa nilai arus hubung singkat yang terjadi di titik terdekat relay. Yang perlu diketahui adalah besar nilai arus gangguan maksimum dan nilai arus gangguan minimum. Arus hubung singkat maksimum didapat dari simulasi hubung singkat 3 fasa 4 cyle. Arus hubung singkat minimum didapat dari simulasi hubung singkat 2 fasa 30 cycle. (Triandini, 2015). Arus hubung singkat maksimum akan digunakan untuk penentuan nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) dan arus hubung singkat minimum digunakan untuk penentuan nilai *pick up instantaneous* pada relay arus lebih. Tabel 1 menunjukan nilai arus hubung singkat di titik terdekat relay.

Tabel 1. Arus Hubung Singkat Maksimum dan Minimum

Titik terdekat Relay	Arus Hubung Singkat Maksimum (kA)	Arus Hubung Singkat Minimum (kA)
Bus 10	1.362	1.000
Bus 5	1.362	1.000
Bus 4	1.361	0.999
Bus 1	23.168	16.779
Bus 2	21.249	15.485

3.2 Diskriminasi Relay

Untuk menentukan nilai setting relay arus lebih yang terletak di beberapa titik, harus mempertimbangkan beberapa faktor agar terbentuk suatu koordinasi proteksi yang terkontrol dan tidak tumpang tindih antara relay satu dengan yang lainnya, sehingga antara relay utama dengan relay cadangan terdapat perbedaan keterlambatan yang telah ditentukan. Untuk itu, perlu adanya diskriminasi antara waktu dan arus untuk mengkoordinasi sistem relay proteksi. Berdasarkan *single line diagram* pada gambar 3 didapat 5 tahap ditinjau dari jarak relay terjauh sampai relay terdekat pembangkit.



Gambar 3. Diskriminasi Relay Arus Lebih 6 Tahap

Setiap tahap memiliki perhitungan berbeda-beda. Tahap 1 merupakan titik terjauh relay dari pembangkit dengan waktu operasi relay tercepat dan setting arus pada titik terjauh adalah yang terkecil, diikuti tahap-tahap berikutnya. Tabel 2 menunjukkan perbedaan waktu dan arus pada setiap tahap.

Tabel 2. Perbedaan Setting Waktu dan Arus di Setiap Tahap

Tahap	Waktu Operasi (T)	Delay	Faktor Pengali Arus
		<i>Instantaneous</i>	<i>Pick up Instantaneous</i>
Tahap 1	0.3	0.1	0.80
Tahap 2	0.5	0.3	0.90
Tahap 3	0.7	0.5	1.00
Tahap 4	0.9	0.7	1.10
Tahap 5	1.1	0.9	1.20

3.3 Setting Koordinasi Relay

Berikut adalah perhitungan arus *pick up*, TMS, Arus *pick up instantaneous* dan *delay instantaneous* untuk setting relay R1.

Data yang diperlukan untuk setting relay R1 adalah;

Manufacturer = ALSTROM

Model = P120

Kurva = *Standard Inverse* (SI)

Rasio CT = 100/1

Isc Max Bus 10 = 1362 A

Isc Min Bus 10 = 1000 A

Relay R1 berada pada tahap 1;

Waktu Operasi (T) = 0.3

$$\text{Delay Instantaneous} = 0.1$$

$$\text{Pengali arus pick up instantaneous} = 0.8$$

Full Load Ampere (FLA) atau arus beban maksimum dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{FLA} &= \frac{\text{kVA}}{\sqrt{3} \text{ kV}} \\ &= \frac{630 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 6.1 \text{ kV}} \\ &= 59.63 \text{ A} \end{aligned} \quad (1)$$

Arus *pick up* dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1.1 \times \text{FLA}}{\text{Rasio CT}} \\ &= \frac{1.1 \times 59.63 \text{ A}}{100} \\ &= 0.655 \text{ A} \end{aligned} \quad (2)$$

Time Multiplier Setting (TMS) dapat dicari dengan adanya data arus hubung singkat maksimum di titik terdekat relay dan arus aktual pada setting relay yang terdapat pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned} I_s &= I_p \times \text{Rasio CT} \\ &= 0.655 \text{ A} \times 100 \\ &= 65.5 \text{ A} \end{aligned} \quad (3)$$

$$I_{sc} \text{ Max Bus 10} = 1362 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{TMS (SI)} &= \frac{T \times \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max}}{I_s} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14} \\ &= \frac{0.3 \times \left[\left(\frac{1362 \text{ A}}{65.5 \text{ A}} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14} \\ &= 0.134 \end{aligned} \quad (4)$$

Arus *pick up instantaneous* dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} I_{p_{ins}} &= \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min Bus 10}}{\text{Rasio CT}} \\ &= \frac{0.8 \times 1000 \text{ A}}{100} \\ &= 8 \text{ A} \end{aligned} \quad (5)$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, setting relay yang lain dapat dicari dengan tetap mempertimbangkan tahap relay dan titik bus terdekat. Tabel 3 berikut menunjukkan setting arus *pickup*, TMS, arus *pickup instantaneous* dan *delay instantaneous* dari semua relay yang ada.

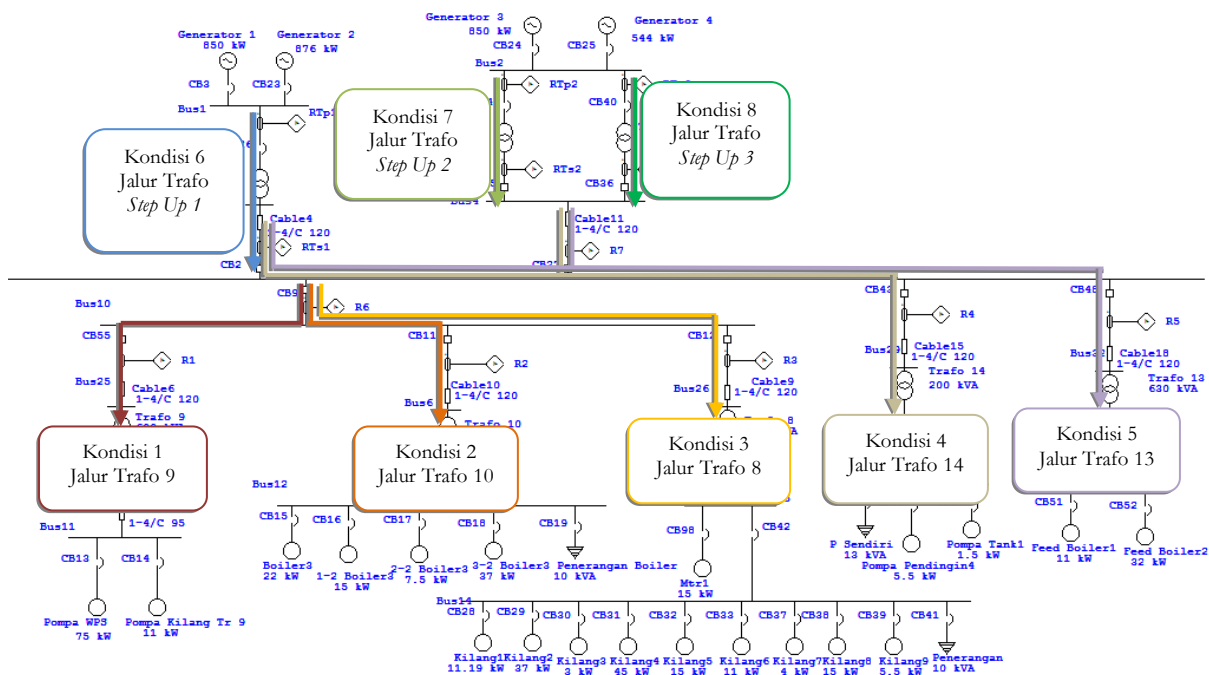
Tabel 3 Hasil Perhitungan Setting Relay

Relay	Rasio CT	Titik Terdekat	I_p (A)	TMS (SI)	$I_{p_{ins}}$ (A)	Delay (s)
R1	100/1	Bus10	0.65593	0.134020073	8	0.1
R2	100/1	Bus10	0.20823	0.186874483	8	0.1
R3	100/1	Bus10	0.52052	0.144573911	8	0.1
R4	100/1	Bus5	0.20823	0.186874483	8	0.1
R5	100/1	Bus5	0.65593	0.134020073	8	0.1
R6	200/1	Bus5	0.69234	0.16708122	4.5	0.3
R7	200/1	Bus4	0.744425	0.226249607	4.995	0.5
RTs1	200/1	Bus5	0.8327	0.214626115	5	0.5
RTs2	200/1	Bus4	0.41646	0.369403687	5.4945	0.7
RTs3	200/1	Bus4	0.327965	0.401959881	5.4945	0.7
RTp1	500/1	Bus1	5.0798	0.290602951	36.9138	0.7
RTp2	500/1	Bus2	2.541	0.454578067	37.164	0.9
RTp3	500/1	Bus2	2.00046	0.494433357	37.164	0.9

Berdasarkan data tabel 3 diatas dapat disimpulkan bahwa setting arus *pick up* setiap relay berbeda-beda tergantung dari besar nilai arus beban maksimum di setiap titik dan rasio CT yang terpasang. Nilai TMS (*Time Multiplier Setting*) setiap relay berbeda-beda tergantung dari besar nilai arus gangguan maksimum di titik terdekat relay dan besar nilai arus *pick up* relay. Setting nilai TMS mengacu pada salah satu karakteristik *Inverse Definite Minimum Time* (IDMT) yaitu karakteristik *Standard Inverse* (SI). Nilai arus *pick up instantaneous* berbeda-beda tergantung dari besar nilai arus gangguan minimum di titik terdekat relay dan rasio CT, apabila kedua nilai tersebut sama, maka nilai arus *pick up instantaneous* bernilai sama. Nilai *delay instantaneous* tergantung dari tahap-tahap relay. Semakin jauh letak relay dari pembangkit, semakin cepat setting *delay instantaneous*.

3.4 Kurva Hasil Koordinasi Relay

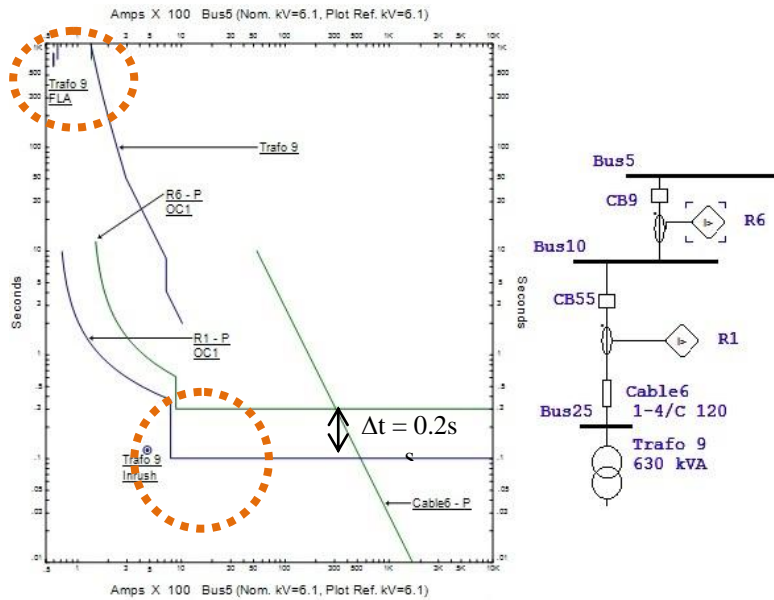
Data-data yang diperlukan untuk koordinasi relay sudah lengkap untuk dilakukan pengujian simulasi menggunakan *software* ETAP Power Station 12.6. Semua data dimasukkan ke dalam setting relay pada *single line diagram*. Pengujian dilakukan berdasarkan perlindungan proteksi transformator yang ada, sehingga didapat koordinasi antara relay utama dan relay cadangan untuk setiap proteksi transformator. *Single line diagram* pada gambar 4 menunjukkan adanya 8 buah transformator, sehingga didapat 8 kondisi untuk koordinasi proteksi.



Gambar 4. Macam-macam kondisi koordinasi proteksi

1. Kondisi 1

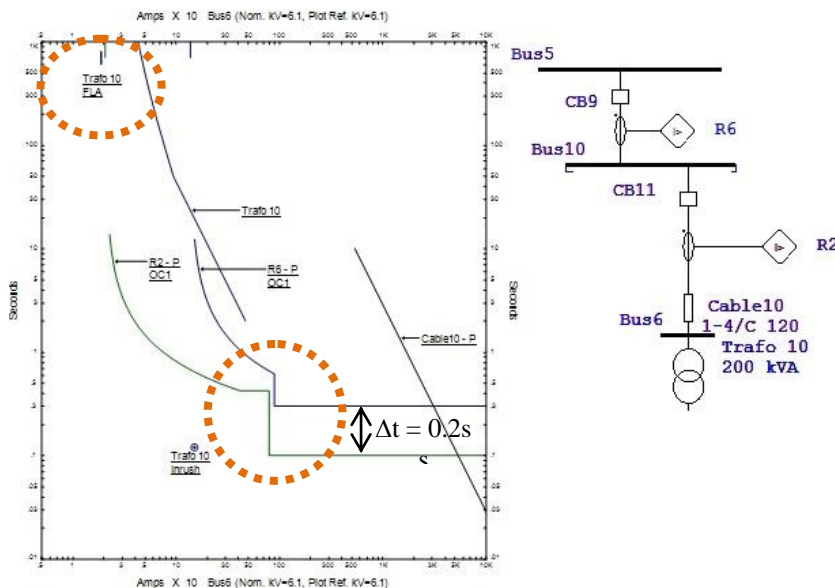
Kondisi 1 ditunjukkan pada gambar 5 di mana relay R1 sebagai relay utama dan relay R6 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo 9. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva R1 dan R6 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 5. Koordinasi Trafo 9.

2. Kondisi 2

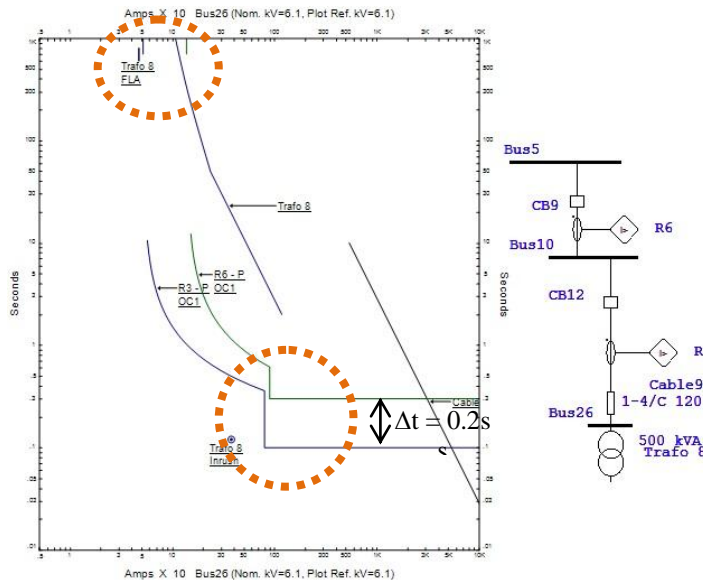
Kondisi 2 ditunjukkan pada gambar 6 di mana relay R2 sebagai relay utama dan relay R6 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo 10. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva R2 dan R6 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 6. Koordinasi Trafo 10.

3. Kondisi 3

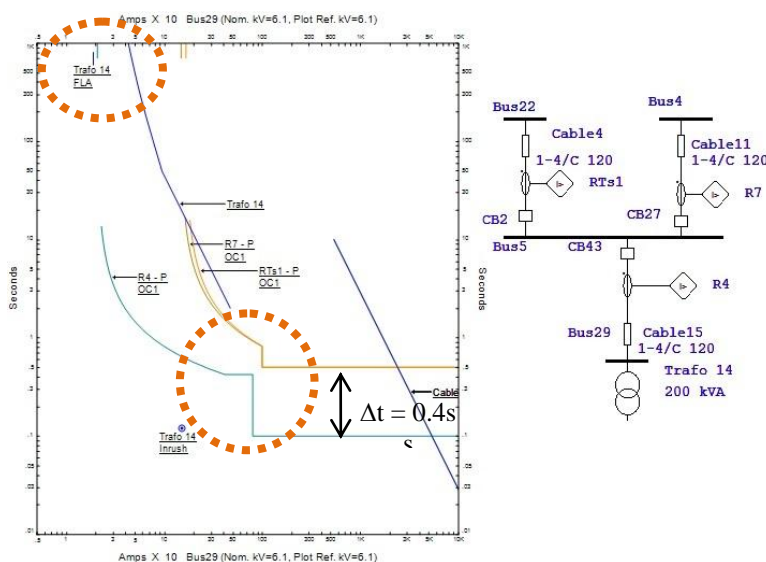
Kondisi 3 ditunjukkan pada gambar 7 di mana relay R3 sebagai relay utama dan relay R6 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo 8. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva R3 dan R6 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 7. Koordinasi Trafo 8

4. Kondisi 4

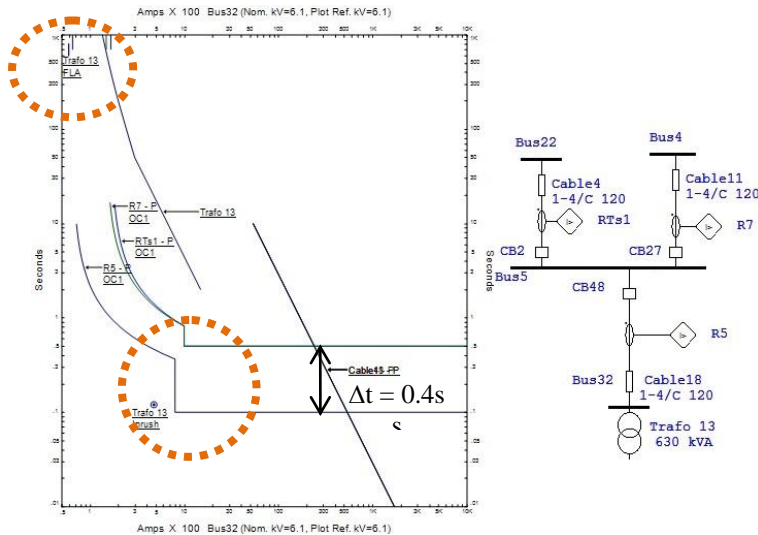
Kondisi 4 ditunjukkan pada gambar 8 di mana relay R4 sebagai relay utama sedangkan relay RTs1 dan R7 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo 14. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva R7 dan RTs1 hampir sama karena diharapkan akan *trip* secara bersamaan dan waktu delay sebesar 0.4 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 8. Koordinasi Trafo 14

5. Kondisi 5

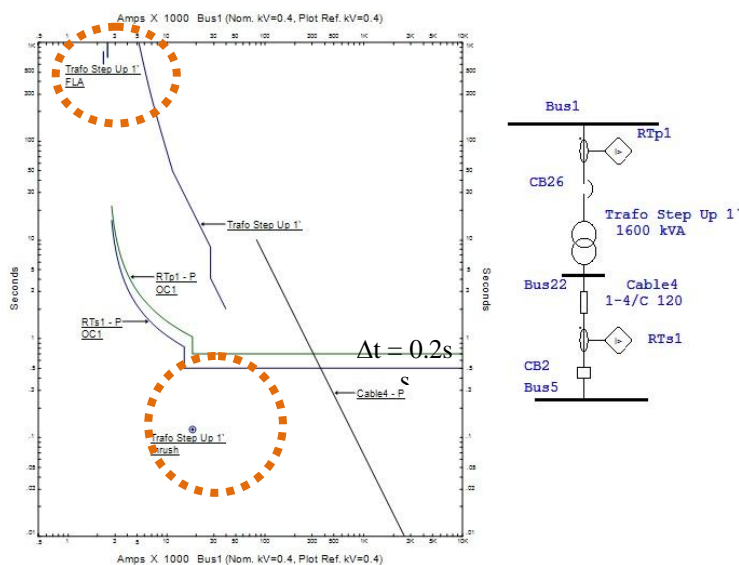
Kondisi 5 ditunjukkan pada gambar 9 di mana relay R5 sebagai relay utama sedangkan relay RTs1 dan R7 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo 13. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva R7 dan RTs1 hampir sama karena diharapkan akan *trip* secara bersamaan dan waktu delay sebesar 0.4 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 9. Koordinasi Trafo 13

6. Kondisi 6

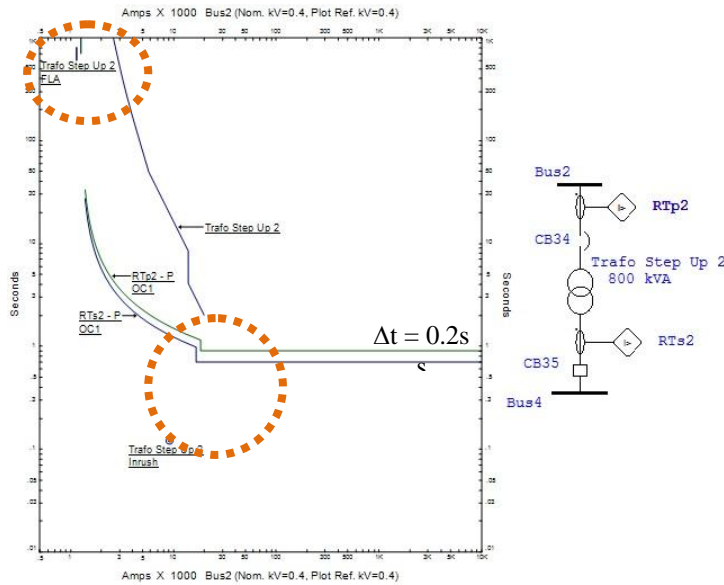
Kondisi 6 ditunjukkan pada gambar 10 di mana relay RTs1 sebagai relay utama dan relay RTP1 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo *step up* 1. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva RTs1 dan RTP1 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 10. Koordinasi Trafo Step Up 1

7. Kondisi 7

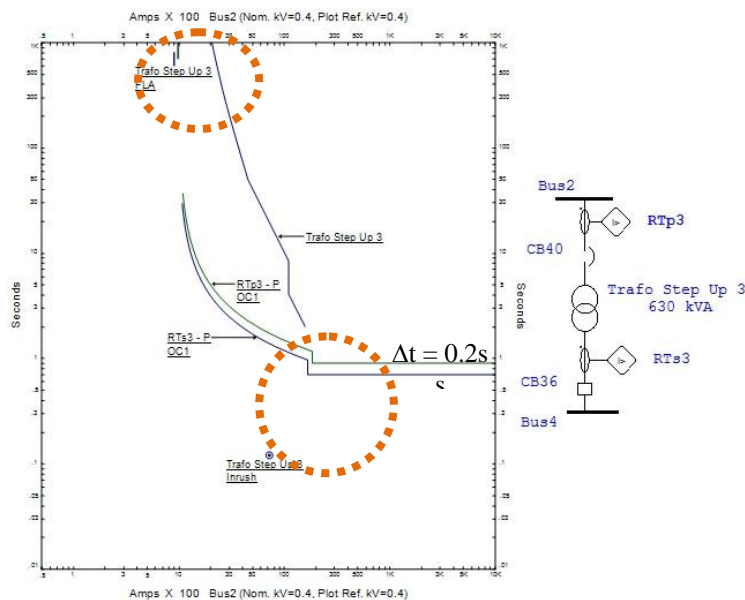
Kondisi 7 ditunjukkan pada gambar 11 di mana relay RTs2 sebagai relay utama dan relay RTP2 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo *step up* 2. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva RTs2 dan RTP2 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 11. Koordinasi Trafo *Step Up* 2

8. Kondisi 8

Kondisi 8 ditunjukkan pada gambar 12 di mana relay RTs3 sebagai relay utama dan relay RTP3 sebagai relay cadangan untuk memproteksi trafo *step up* 3. Arus *pick up* berada diatas FLA trafo (1.1 kali) sesuai *British Standard 142-1983*, kurva RTs3 dan RTP3 tidak tumpang tindih dan waktu delay sebesar 0.2 s sesuai standar IEEE 242-1986.



Gambar 12. Koordinasi Trafo *Step Up* 3.

Berdasarkan hasil dari pembentukan kurva koordinasi proteksi di setiap kondisi yang ditunjukkan pada gambar 5 sampai dengan gambar 12 yang mengacu pada setting relay yang telah dihitung sebelumnya bahwa hasil dari perhitungan terbukti membentuk suatu koordinasi relay yang baik, yang dapat dilihat dari setiap kurva koordinasi bahwa tidak terdapat kurva tumpang tindih antara relay yang berbeda tahap. Nilai arus *pick up* lebih besar dari pada nilai arus beban maksimum sehingga relay tidak bekerja saat kondisi beban maksimum. Kurva relay terletak diatas titik arus *inrush* trafo agar saat trafo dihubungkan langsung ke sumber AC yang menimbulkan arus *inrush* tidak membuat relay bekerja. Setiap tahap relay membutuhkan waktu *delay* sebesar 0.2 detik yang disesuaikan dengan standar IEEE 242-1986.

3. PENUTUP

Dari hasil analisa perhitungan koordinasi relay arus lebih di jaringan distribusi tenaga listrik Pusdiklat Migas Cepu dengan menggunakan *software* ETAP *Power Station* 12.6 dapat diambil kesimpulannya sebagai berikut:

1. Untuk menentukan setting relay arus lebih baik setting arus maupun waktu diperlukan beberapa data yaitu *single line diagram* sistem, besar arus hubung singkat di titik terdekat relay, besar arus beban maksimum, rasio CT dan penentuan waktu *delay*.
2. Arus *pick up* relay sebesar 1.1 kali dari arus beban maksimum sesuai dengan *British Standard 142-1983* yang menyebutkan bahwa batas penyetelan adalah antara 1.05 – 1.3 dari arus maksimum.
3. Setting keterlambatan waktu relay (Δt) sebesar 0.2 detik dan 0.4 detik sesuai dengan standar IEEE 242-1986 yang menyebutkan bahwa untuk relay digital waktu yang diperlukan adalah 0.2 – 0.4 detik.
4. Semakin jauh letak relay arus lebih dari pembangkit, setting waktu dan arus harus lebih kecil dari pada setting relay di belakangnya agar terkoordinasi dengan baik dan saat terjadi gangguan relay terjauh akan bekerja terlebih dahulu.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak – pihak yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir sebagai berikut:

1. ALLAH SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan banyak kenikmatan dan kemuliaannya.
2. Ibu tercinta yang selalu mendo'akan, memberikan dorongan, dukungan dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir.

3. Almarhum bapak tercinta yang semasa masih di dunia selalu memberikan kekuatan untuk tetap berada di jalan yang benar.
4. Bapak Umar S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Aris Budiman S.T., M.T. selaku dosen pembimbing.
6. Bapak dan ibu dosen jurusan elektro fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Bapak Hendri selaku petugas *maintenance* di Unit *Power plant* Pusdiklat Migas Cepu yang telah membantu memberikan dan menjelaskan data-data yang diperlukan untuk Tugas Akhir.
8. Galuh Novi yang tak henti-hentinya memberikan semangat untuk mengerjakan Tugas Akhir ini tepat waktu.
9. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2012 yang telah memberikan motivasi dan dukungan yang sangat membantu.
10. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan, bantuan serta do'a.

DAFTAR PUSTAKA

- Bedekar, P P., et al. (2009). *Optimum Time Coordination of Overcurrent Relays in Distribution System Using Big-M (Penalty) Method*. Visvesvaraya National Institute of Technology Nagpur (Maharashtra).
- Birjandi, A A M, Pourfakkah M. (2011). *Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays by a New Particle Swarm Optimization Method*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol 1.
- Hutauruk, T.S. (1985). *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Patel, H A. (2015). *Relay Coordination Using ETAP*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol 6.
- Rajput, V N., et al. (2011). *Coordination of Overcurrent Relays for Industrial Radial System*. B.V.M. Engineering Collage.
- Triandini, T Y R. (2015). *Analisa Sistem Proteksi Relay (Overcurrent dan Ground Fault) Dengan Menggunakan Kurva Koordinasi Relay dan Software ETAP 7.5 Pada Plant Unit 5 PT. Krakatau Posco*. Universitas Mercubuana. Jakarta.
- Turan Gonen. (1986). *Electrical Distribution System Engineering*. Mc-Graw-Hill International State of America.
- Uma, U U, Onwuka, I K. (2014). *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol 04.
- Yusmiharga, D S. (2012). *Perencanaan Koordinasi rele Pengaman Pada Sistem Kelistrikan di PT. Wilmar Gresik Akibat Penambahan Daya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.